



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0089

COLLISION AVEC LE RELIEF

Cavalier SA102.5 (aéronef de construction amateur), C-FBWF
Immatriculation privée
Aérodrome de Lacombe (Alberta), 14 NM E
9 octobre 2021

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0089* (publié le 14 mars 2023).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2023

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A21W0089

N° de cat. TU3-10/21-0089F-PDF
ISBN 978-0-660-47708-4

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Personnes blessées	7
1.3 Dommages à l'aéronef	7
1.4 Autres dommages	7
1.5 Renseignements sur le personnel	7
1.6 Renseignements sur l'aéronef	8
1.6.1 Caractéristiques de vrille du Cavalier SA102.5	9
1.7 Renseignements météorologiques	10
1.8 Aides à la navigation	10
1.9 Communications	10
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	10
1.11 Enregistreurs de bord	10
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	10
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	11
1.13.2 Certificats médicaux d'aviation de Transports Canada	11
1.13.3 Surveillance des facteurs cardiovasculaires	19
1.13.4 Problèmes de santé à déclaration obligatoire	19
1.14 Incendie	22
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	22
1.15.1 Radiobalise de repérage d'urgence	22
1.16 Essais et recherche	23
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	23
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	23
1.18 Renseignements supplémentaires	23
1.18.1 Décrochage aérodynamique et mise en vrille	23
2.0 Analyse	25
2.1 Perte de maîtrise et vrille	25
2.2 Santé cardiovasculaire	26
2.3 Intervention d'urgence	27
3.0 Faits établis	28
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	28
3.2 Faits établis quant aux risques	28
3.3 Autres faits établis	28
4.0 Mesures de sécurité	29
4.1 Mesures de sécurité prises	29
4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada	29
4.2 Mesures de sécurité à prendre	29

4.2.1 Outils de dépistage pour les examens médicaux des pilotes29

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A21W0089

COLLISION AVEC LE RELIEF

Cavalier SA102.5 (aéronef de construction amateur), C-FBWF
Immatriculation privée
Aérodrome de Lacombe (Alberta), 14 NM E
9 octobre 2021

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

Résumé

Le 9 octobre 2021, l'aéronef Cavalier SA102.5 de construction amateur sous immatriculation privée (immatriculation C-FBWF, numéro de série 6958) effectuait un vol récréatif local à partir de l'aérodrome de Lacombe (Alberta) avec 1 pilote et 1 passager à bord. Alors que l'aéronef se trouvait à 14 milles marins à l'est de l'aérodrome, il est entré en décrochage aérodynamique, ce qui a entraîné une vrille à gauche et une collision avec le relief. Le pilote, qui occupait le siège de gauche, a été mortellement blessé; le passager a été grièvement blessé. L'aéronef a été lourdement endommagé; aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. La radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz s'est activée. Un appareil de suivi satellite a également aidé à localiser l'aéronef.

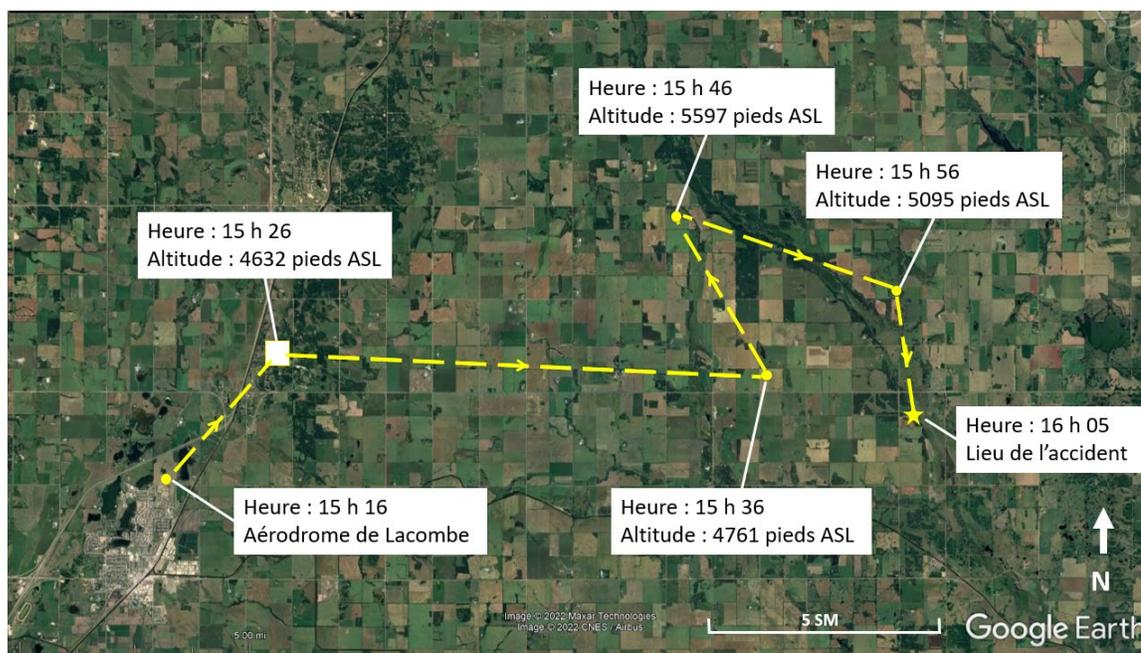
1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Vers 15 h 16¹ le 9 octobre 2021, l'aéronef Cavalier SA102.5 de construction amateur sous immatriculation privée (immatriculation C-FBWF, numéro de série 6958) a décollé de l'aérodrome de Lacombe (CEG3) (Alberta) pour effectuer un vol récréatif local avec le pilote propriétaire et 1 passager à bord.

Après le décollage de CEG3, l'aéronef s'est dirigé généralement vers l'est. Les détails de la trajectoire de vol (figure 1) ont été enregistrés toutes les 10 minutes par un appareil de suivi satellite SPOT² à bord. La dernière position enregistrée de l'aéronef alors qu'il était en vol était à 15 h 56, à une altitude d'environ 5095 pieds au-dessus du niveau de la mer (ASL). Par la suite, l'aéronef a changé de cap et s'est dirigé vers le sud-sud-est. Entre cette position et le lieu de l'accident, l'aéronef est entré en décrochage aérodynamique, ce qui a entraîné une vrille et une collision avec le relief. Le lieu de l'accident était à environ 14 milles marins à l'est de l'aérodrome de Lacombe (Alberta), à une élévation de 2644 pieds ASL.

Figure 1. Carte montrant le tracé des positions de l'aéronef enregistrées par l'appareil de suivi satellite SPOT (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



À 16 h 05, la radiobalise de repérage d'urgence³ (ELT) de 406 MHz s'est activée et un signal a été détecté par le Centre canadien de contrôle des missions, qui a relayé les renseignements au Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario). Le

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins 6 heures).

² Appareil de messagerie GPS (système de positionnement mondial) par satellite SPOT Gen3.

³ Le modèle était ARTEX ELT 345.

Centre conjoint de coordination de sauvetage a communiqué avec les premiers intervenants dans les 2 minutes qui ont suivi.

Les premiers intervenants sont arrivés sur les lieux environ 1 heure et 46 minutes après l'accident. Le pilote a été mortellement blessé; le passager a été grièvement blessé.

1.2 Personnes blessées

Le pilote et 1 passager étaient à bord. Le tableau 1 indique la gravité des blessures subies.

Tableau 1. Personnes blessées

Gravité des blessures	Membres d'équipage	Passagers	Personnes ne se trouvant pas à bord de l'aéronef	Total selon la gravité des blessures
Mortelles	1	0	-	1
Graves	0	1	-	1
Légères	0	0	-	0
Total des personnes blessées	1	1	-	2

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été détruit par les forces d'impact. Il n'y a eu aucun incendie après l'impact.

1.4 Autres dommages

Il n'y a eu aucun dommage matériel aux alentours du lieu de l'accident, à l'exception de marques au sol et de quelques petits déversements de carburant et d'huile.

1.5 Renseignements sur le personnel

Le pilote propriétaire était titulaire d'une licence de pilote de ligne – avion délivrée à l'origine le 18 décembre 1996 avec annotations pour avions terrestres monomoteurs et multimoteurs. Il avait un certificat médical de catégorie 1 qui était valide jusqu'au 1^{er} février 2022. Le carnet personnel du pilote indiquait un total de 18 472,3 heures de vol, dont 2382,7 heures aux commandes d'aéronefs monomoteurs.

Un examen du carnet de route de l'aéronef a permis de déterminer que le pilote avait cumulé 90,2 heures de vol aux commandes du Cavalier SA102.5 depuis qu'il l'avait acquis (en juillet 2017). Le carnet personnel du pilote indiquait que le pilote avait effectué des acrobaties aériennes de base, y compris des vrilles, lors de vols en solo dans l'aéronef à l'étude.

Au moment de l'événement, le pilote était employé par une compagnie aérienne en tant que commandant de bord et commandant instructeur.

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

Licence de pilote	Licence de pilote de ligne (ATPL)
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} février 2022
Heures de vol total	18 472,3
Heures de vol sur type (heures de vol d'après le carnet de route)	90,2
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	11,6
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	47,7
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	98,5
Heures de vol sur type au cours des 90 jours précédant l'événement	12,6

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le Cavalier SA102.5 à l'étude était un aéronef de construction amateur construit en 1969 dont les principaux matériaux étaient le bois et la toile (figure 2). Il était équipé d'un moteur à piston non certifié d'Aero Sport Power Ltd. (modèle O-320-B2B), d'une hélice à pas fixe de Sensenich (modèle 74DM6-0-64) et d'un train d'atterrissage tricycle fixe. La cellule avait cumulé un total de 913,2 heures. L'aéronef était muni de commandes de vol doubles. Il n'était pas muni d'un avertisseur de décrochage ni d'un système d'indication d'angle d'attaque, et la réglementation ne l'exigeait pas.

Figure 2. L'aéronef à l'étude (Source : tierce partie, avec permission)



Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Construction amateur
Type, modèle et immatriculation	Cavalier, SA102.5, C-FBWF
Année de construction	1969
Numéro de série	6958
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	25 mai 2005 – Certificat spécial de navigabilité – Construction amateur
Total d'heures de vol cellule	913,2 heures
Type de moteur (nombre)	Aero Sport Power Ltd. O-320-B2B (1)
Type d'hélice (nombre)	Sensenich 74DM6-0-64 (1)
Masse maximale autorisée au décollage	793,8 kg
Type(s) de carburant recommandé(s)	Essence d'aviation 100LL
Type de carburant utilisé	Essence d'aviation 100LL

L'aéronef était inspecté chaque année comme l'exige le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). L'inspection annuelle la plus récente datait du 23 juin 2021. Aucun dossier ne faisait état d'anomalies non corrigées. Le Cavalier est un aéronef de conception stable qui ne présente aucune caractéristique de vol indésirable importante et qui a un comportement typique de décrochage et de vrille. Le manuel d'utilisation du pilote ne contient aucun renseignement sur les vrilles.

1.6.1 Caractéristiques de vrille du Cavalier SA102.5

Le pilote dans l'événement à l'étude avait, à plusieurs reprises, effectué des vrilles à bord de l'aéronef et était parvenu à en sortir. Son carnet personnel comprenait un certain nombre d'entrées sur des vols en solo avec des notes sur les acrobaties aériennes effectuées, y compris des vrilles. Des propriétaires de ce modèle d'aéronef ont dit que les caractéristiques de décrochage et de vrille sont dociles et qu'il est possible de sortir l'aéronef de ce profil de vol en utilisant des techniques de base. Selon un article publié dans le numéro de décembre 2017 du bulletin d'information *Bits and Pieces* de l'Experimental Aircraft Association, le concepteur de l'avion n'aurait eu aucune difficulté à sortir l'aéronef d'une vrille, y compris lorsque l'aéronef volait sur le dos⁴.

Se trouvaient à bord de l'aéronef pendant le vol à l'étude le pilote et 1 passager, très peu de bagages et un maximum de 23 gallons américains de carburant au décollage. Selon les calculs, la masse brute de l'aéronef lors du vol à l'étude se situait dans la limite de la masse maximale autorisée au décollage. Le centre de gravité n'a pas pu être calculé, car les enquêteurs n'ont pas eu accès aux documents nécessaires. Cependant, il est peu probable que l'aéronef fût chargé d'une manière qui aurait eu une incidence négative sur le centre de gravité et compliqué la sortie d'une vrille.

⁴ Experimental Aircraft Association, « A Cavalier Attitude », *Bits and Pieces Newsletter* (décembre 2017), à l'adresse eaa.org/eea/news-and-publications/eea-news-and-aviation-news/bits-and-pieces-newsletter/12-15-2017-a-cavalier-attitude (dernière consultation le 23 janvier 2023).

1.7 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière d'aérodrome horaire émis à 16 h pour l'aéroport régional de Red Deer (CYQF) (Alberta), l'aéroport le plus proche du lieu de l'accident, indiquait ce qui suit :

- vents variables à 2 nœuds;
- visibilité de 9 milles terrestres;
- ciel dégagé;
- température de 15 °C, point de rosée de -6 °C;
- calage altimétrique de 29,73 pouces de mercure;
- altitude-densité de 4000 pieds.

Les conditions météorologiques ne sont pas considérées comme un facteur dans l'événement à l'étude.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef n'était muni ni d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, et la réglementation n'exigeait ni l'un ni l'autre. L'aéronef était toutefois muni d'un appareil de suivi satellite SPOT, qui enregistrait des données sur la trajectoire de vol.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef a heurté le sol dans une assiette en piqué peu prononcée, les ailes presque à l'horizontale. Les marques au sol et la position de l'épave indiquent que l'aéronef était en rotation vers la gauche, mais avait très peu de mouvement vers l'avant, ce qui concorde avec une vrille vers la gauche au moment de l'impact.

Lors de l'impact, le train d'atterrissage principal s'est affaissé directement sous les ailes et le train avant s'est affaissé sous le capot du moteur. La queue de l'aéronef s'est partiellement rompue tout juste derrière la cabine (figure 3). Les réservoirs de carburant, situés à l'extrémité des ailes, se sont rompus et ont déversé leur contenu.

Figure 3. Lieu de l'accident, vue vers le nord (Source : BST)



Les ailes ont été partiellement arrachées du fuselage, mais les câbles et les tiges actionnant les ailerons et les volets étaient toujours attachés à la cabine. Les commandes de vol principales ont été examinées, et il a été possible de confirmer la continuité des commandes de vol.

Il a été déterminé que la commande de richesse était en position avant maximale (plein riche), la manette des gaz était à mi-course, le sélecteur de réservoir carburant était réglé pour le réservoir gauche, et l'interrupteur de pompe d'appoint carburant était en position OFF (arrêt). Pendant l'enquête, le moteur a été installé sur un banc d'essai et monté à plein régime, sans qu'aucun problème ne soit constaté.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1 Cause de la mort

Le Bureau du médecin légiste en chef de l'Alberta a rapporté que la mort était attribuable à un traumatisme contondant, et qu'une maladie cardiovasculaire était un important facteur contributif. Le rapport a également noté que le pilote présentait des signes de crise cardiaque, bien qu'il n'ait pas été possible de déterminer le moment exact où celle-ci s'est produite.

1.13.2 Certificats médicaux d'aviation de Transports Canada

L'activité principale de la Direction de la médecine aéronautique civile de Transports Canada (TC) est d'effectuer les évaluations médicales requises pour l'agrément du personnel aéronautique autorisé. Comme le prévoit la norme 424.04(1)b) du RAC :

[...] [Le certificat médical] est délivré par le ministre des Transports par l'intermédiaire du bureau du directeur régional des Licences d'aviation selon l'une ou l'autre des procédures suivantes :

- (i) à la réception d'un rapport d'examen médical, à condition que le demandeur satisfasse aux normes pour la licence voulue, et qu'il ait été jugé apte ou apte sous réserve d'une limite ou d'une restriction recommandée par le personnel médical de la Division [sic] de la médecine aéronautique civile; [...] ⁵

Le pilote avait un certificat médical de catégorie 1 qui était valide jusqu'au 1^{er} février 2022. Cependant, comme le vol à l'étude était un vol récréatif, le pilote était seulement tenu de détenir un certificat médical de catégorie 3. Le certificat médical du pilote ne faisait état d'aucune affection médicale connue, et sa licence n'était soumise à aucune restriction.

1.13.2.1 Examen médical

L'examen médical vise à déterminer si le demandeur satisfait aux normes relatives à la délivrance d'un certificat médical, lequel est nécessaire pour valider une licence de pilote. TC se préoccupe principalement de la gestion des risques pour l'aviation, tels que l'incapacité, pour la période visée par la licence. Au besoin, un examen médical complémentaire peut être demandé.

Conformément à la norme 424.04(2)a) du RAC, « [l]e demandeur d'un certificat médical ou d'un renouvellement de celui-ci doit subir un examen médical effectué par un MEAC [médecin examinateur de l'aviation civile] ⁶ ». La norme 424.17 du RAC exige que le MEAC examine attentivement le pilote et que l'examen soit « suffisamment approfondi pour déterminer si le demandeur répond aux exigences propres à la catégorie de certificat médical dont le renouvellement ou la délivrance est demandée ⁷ ».

Le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* ⁸ de TC fournit des lignes directrices aux MEAC sur la façon d'effectuer des examens médicaux et d'évaluer l'état de santé. Au cours d'un examen médical, les MEAC sont tenus de remplir le formulaire 26-0010, Rapport d'examen médical, lequel doit ensuite être transmis au bureau régional approprié pour que l'agent régional en médecine aéronautique le passe en revue ⁹.

Les titulaires d'une licence de pilote professionnel, d'une licence de pilote en équipage multiple – avion ou d'une licence de pilote de ligne doivent détenir un certificat médical de

⁵ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales, alinéa 424.04(1)b).

⁶ Ibid., alinéa 424.04(2)a).

⁷ Ibid., paragraphe 424.17(3).

⁸ Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examinateurs-aviation-civile-tp-13312 (dernière consultation le 21 janvier 2023).

⁹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales, paragraphe 424.17(3).

catégorie 1 valide. La période de validité du certificat médical est de 12 mois, à moins que le titulaire soit âgé de 40 ans ou plus et qu'il pilote seul un aéronef avec des passagers à bord, ou qu'il soit âgé de 60 ans ou plus. Dans ces cas, la période de validité du certificat médical est réduite à 6 mois¹⁰.

Le pilote dans l'événement à l'étude, qui était âgé de plus de 40 ans, se présentait régulièrement tous les 12 mois pour passer un examen médical de TC tel qu'exigé pour sa licence de pilote de ligne. Pour chaque visite, un rapport d'examen médical était rempli comme il se doit. Toutefois, pour son certificat médical le plus récent, délivré en 2021, le pilote n'a pas subi d'examen médical. Il a plutôt rempli et signé une attestation selon laquelle il n'y avait aucune limitation ou restriction ou autre condition qui pourrait nuire à sa capacité d'exercer les privilèges de la licence. Cette attestation était autorisée conformément à une exemption accordée par TC¹¹ en raison de la pandémie mondiale de COVID-19.

1.13.2.2 Gestion des maladies cardiaques dans l'aviation commerciale au Canada

Le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* indique aux MEAC que le risque qu'un accident mortel se produise à la suite de l'incapacité médicale d'un pilote dépend de plusieurs facteurs, tels que le nombre d'heures de vol, le type de vol effectué ou la présence d'un autre pilote qualifié, qui doivent tous être pris en considération en plus des risques connus d'une affection médicale donnée¹². Dans le cas d'un certificat médical de catégorie 1, le pilote ne doit être « atteint d'aucune maladie ou affection qui pourrait le rendre susceptible de se trouver dans l'impossibilité de piloter un aéronef en toute sécurité¹³ ».

Une cardiopathie place le demandeur dans une catégorie de risque potentiellement élevé pour un événement incapacitant. Aux termes de la norme 424 du RAC, « [l]e demandeur ne présentera aucune anomalie du cœur, congénitale ou acquise, susceptible de compromettre l'utilisation en toute sécurité d'un aéronef¹⁴ ».

La cardiopathie est toute affection qui touche la structure ou le fonctionnement du cœur. Il existe 4 principaux types de cardiopathies :

- les troubles du rythme cardiaque (arythmies);
- les anomalies structurelles;

¹⁰ Ibid., paragraphe 404.04(6.2).

¹¹ Transports Canada, Exemption NCR-062-2020 : Exemption des alinéas 404.03(2)a) et b) et 404.04(1)b) du *Règlement de l'aviation canadien* (3 juin 2020).

¹² Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, Cardiologie, Introduction, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examineurs-aviation-civile-tp-13312 (dernière consultation le 23 janvier 2023).

¹³ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales, paragraphe 424.17(4), Exigences physiques et mentales, Catégorie médicale n° 1, section 1.2.

¹⁴ Ibid., section 1.5.

- l'insuffisance cardiaque;
- la coronaropathie^{15,16}.

Conformément au *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, il est essentiel que le MEAC relève et consigne la présence de toute cardiopathie ou maladie connexe lors d'un examen médical de l'aviation civile.

1.13.2.3 Repérage de la cardiopathie lors de l'examen médical de l'aviation

Lors de l'examen par un MEAC, certains demandeurs peuvent présenter des symptômes évidents et/ou des documents indiquant une cardiopathie passée ou actuelle. Cependant, il se peut que d'autres personnes ne présentent aucun signe évident ou n'aient aucun antécédent de cardiopathie. Par exemple [traduction] :

De nombreuses personnes peuvent connaître des épisodes ischémiques sans le savoir. [...] Les personnes atteintes d'angine de poitrine peuvent également connaître des épisodes non diagnostiqués d'ischémie silencieuse. En outre, les personnes ayant déjà fait une crise cardiaque ou qui sont diabétiques sont particulièrement exposées au risque de présenter une ischémie silencieuse¹⁷.

Le terme « cardiopathie ischémique » désigne les problèmes cardiaques causés par le rétrécissement des artères du cœur. Ce phénomène peut également être appelé « athérosclérose », quand il s'agit d'un rétrécissement des artères dû à l'accumulation de dépôts de graisses¹⁸.

Il est difficile pour les MEAC de soupçonner une cardiopathie ou d'estimer le risque d'incapacité cardiaque d'un demandeur lorsque celui-ci ne présente aucune cardiopathie confirmée et indiquée au dossier. Afin d'aider les MEAC à déterminer le profil de risque de chaque demandeur, des directives pour l'évaluation des facteurs de risque associés aux cardiopathies sont indiquées dans les normes du RAC¹⁹, à la figure 2 du *Guide pour les*

¹⁵ La coronaropathie est causée par le durcissement des artères (athérosclérose), c'est-à-dire lorsqu'il y a une accumulation de plaques dans les artères du cœur. Cela peut entraîner une crise cardiaque, une insuffisance cardiaque ou la mort. La coronaropathie peut également être appelée cardiopathie ischémique. (Source : Gouvernement du Canada, à l'adresse canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/maladies-coeur-canada.html [dernière consultation le 21 janvier 2023]).

¹⁶ Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada, à l'adresse coeuretavc.ca/maladies-du-coeur/qu-est-ce-que-les-maladies-du-coeur/les-types-de-maladies-du-coeur (dernière consultation le 21 janvier 2023).

¹⁷ American Heart Association, à l'adresse heart.org/en/health-topics/heart-attack/about-heart-attacks/silent-ischemia-and-ischemic-heart-disease (dernière consultation le 16 février 2022).

¹⁸ Fondation des maladies du cœur et de l'AVC, à l'adresse coeuretavc.ca/maladies-du-coeur/qu-est-ce-que-les-maladies-du-coeur/les-types-de-maladies-du-coeur (dernière consultation le 21 janvier 2023).

¹⁹ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales.

*médecins examinateurs de l'aviation civile*²⁰ et dans les lignes directrices pour l'évaluation de la santé cardiovasculaire auxquelles renvoie le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*²¹. Ces références tiennent compte des recommandations formulées lors d'un atelier consacré à la santé cardiovasculaire dans l'aviation organisé par la Direction de la médecine aéronautique civile de TC en 2010, et elles remplacent les anciennes lignes directrices de 2002 de TC sur les troubles cardiovasculaires.

Le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* décrit les différents facteurs de risque de cardiopathie, à savoir l'âge, le sexe, l'obésité, la pression artérielle, le tabagisme, les antécédents familiaux de cardiopathie, les résultats des épreuves d'effort cardiaque et les symptômes de cardiopathie, tels que les douleurs thoraciques et l'essoufflement. Les MEAC y trouvent également de l'information sur l'outil de score de risque de Framingham. Cet outil tient compte des renseignements sur 6 facteurs de risque clés : l'âge, les lipides sanguins, la pression artérielle, les antécédents de diabète, le tabagisme et possiblement les antécédents médicaux familiaux. Une fois ces renseignements recueillis, le MEAC attribuera des scores à chaque facteur de risque afin d'estimer le profil de risque global de la personne, c'est-à-dire son risque de subir un événement cardiaque incapacitant.

Les MEAC peuvent s'appuyer sur 4 techniques pour évaluer les facteurs de risque d'un demandeur :

1. **Entrevue médicale** : Au cours de l'entrevue, le MEAC demande de l'information sur la santé cardiaque du demandeur et sur tout autre problème de santé connexe, comme le diabète. Le MEAC compte sur le demandeur pour divulguer l'information au sujet de son état cardiaque, comme les douleurs thoraciques, tout résultat connu d'examens ou de traitements médicaux et les comportements liés à la santé, comme le tabagisme et la consommation d'alcool.
2. **Examen physique** : Au cours de l'examen physique, le MEAC examine la circulation périphérique et la fonction cardiaque du demandeur, prend sa pression artérielle et utilise la taille et le poids pour calculer son indice de masse corporelle (IMC).
3. **Examen des électrocardiogrammes** : Le MEAC évalue le dernier électrocardiogramme du demandeur, lequel, pour un pilote âgé de plus de 40 ans, doit avoir été réalisé dans les 12 mois précédant l'examen médical²².

²⁰ Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, figure 2 : Exigences relatives aux examens médicaux, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examineurs-aviation-civile-tp-13312 (dernière consultation le 23 janvier 2023).

²¹ Ibid., *Cardiologie – Lignes directrices pour l'évaluation de l'état de santé des pilotes, mécaniciens navigants et contrôleurs aériens souffrant de troubles cardiovasculaires au Canada – 2012*, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examineurs-aviation-civile-tp-13312#cardiologie (dernière consultation le 23 janvier 2023).

²² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 424 : Exigences médicales, paragraphe 424.17(4), Exigences physiques et mentales, Catégorie médicale n° 1, section 1.7.

4. **Examen d'autres résultats de tests** : Les MEAC peuvent, à leur discrétion, demander un examen médical plus approfondi s'ils estiment qu'il existe des signes de maladie qui doivent être examinés plus en profondeur pour établir l'état de santé.

Dans l'événement à l'étude, le pilote avait eu une entrevue médicale, un examen médical et un électrocardiogramme pour chaque visite annuelle, au cours de laquelle les données médicales sur les facteurs de risque cardiaque étaient consignées. Le MEAC n'avait pas relevé ou consigné de facteurs importants de risque cardiaque.

Le MEAC n'avait pas calculé l'IMC du pilote lors de la plupart des examens du pilote, car cette information n'était pas requise sur le rapport d'examen du MEAC. Seules les versions plus récentes du rapport d'examen exigent le calcul de l'IMC. D'après les calculs faits par le BST à partir des renseignements disponibles sur les rapports d'examen, l'IMC du pilote avait atteint ou dépassé le seuil d'obésité²³ depuis au moins 2014. Le pilote présentait donc certains facteurs de risque tels que l'âge, le sexe et l'obésité. Cependant, l'examen cardiologique indépendant réalisé dans le cadre de la présente enquête a confirmé qu'aucun des résultats du pilote n'aurait amené à soupçonner un risque cardiovasculaire accru.

1.13.2.4 **Évaluation des données de laboratoire en tant que facteur de risque**

Un examen cardiologique indépendant réalisé dans le cadre d'une autre enquête du BST²⁴ a souligné que, d'après le consensus d'un consortium multinational de cardiologues de l'aviation publié en 2019²⁵, un dépistage des risques cardiovasculaires devrait être exigé pour tous les pilotes âgés de plus de 40 ans et pour les pilotes dont il est déterminé qu'ils présentent un risque accru (d'après un calcul du risque). Ce dépistage devrait toujours comprendre une évaluation des lipides sanguins.

Aucune évaluation des données de laboratoire n'avait été effectuée pour le pilote dans l'événement à l'étude au cours de ses examens médicaux de l'aviation civile. Toutefois, l'enquête a permis de déterminer qu'il avait effectivement subi des analyses sanguines en 2019 à la demande de son médecin de famille. Ces analyses portaient notamment sur les lipides sanguins. L'examen cardiologique indépendant réalisé dans le cadre de la présente enquête a permis de confirmer que même si le MEAC avait eu accès à ces résultats, les lipides sanguins du pilote n'auraient pas amené à soupçonner un risque cardiovasculaire accru.

²³ Le nomogramme de l'indice de masse corporelle (IMC) de Santé Canada classe une catégorie d'IMC d'entre 30,0 et 34,9 kg/m² comme de l'obésité, classe I, qui présente un risque élevé de développer des problèmes de santé. (Source : Santé Canada, *Lignes directrices pour la classification du poids chez les adultes* [2003], Le nomogramme de l'indice de masse corporelle [IMC].)

²⁴ Enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142 du BST.

²⁵ British Cardiovascular Society, *Heart*, vol. 105, supplément 1 : Aviation Cardiology (janvier 2019).

Le médecin de famille du pilote avait demandé d'autres analyses sanguines de routine en juillet 2021, mais le pilote n'a pas donné suite à cette demande. Cependant, l'examen cardiologique indépendant a permis de confirmer qu'à moins de changements importants dans le mode de vie, les habitudes alimentaires ou le poids, les lipides sanguins ont tendance à rester assez stables au fil du temps. Par conséquent, même si les analyses sanguines avaient été effectuées en 2021, les résultats n'auraient peut-être toujours pas indiqué un risque cardiovasculaire accru.

Selon l'examen cardiologique indépendant effectué dans le cadre de la présente enquête, même si les lipides sanguins sont des indicateurs de la plupart des maladies cardiovasculaires, quelque 10 à 20 % des personnes ayant fait une crise cardiaque ne présentent pas ces facteurs de risque traditionnels. Par conséquent, les cardiologues estiment que d'autres mécanismes peuvent être nécessaires pour dépister l'athérosclérose coronarienne. Par exemple, la présence d'un niveau élevé de la lipoprotéine Lp(a) a été reconnue comme un important facteur de risque héréditaire supplémentaire chez certaines personnes. La mesure de la lipoprotéine Lp(a) a été intégrée au dépistage périodique recommandé du risque cardiovasculaire²⁶.

Les lignes directrices actuelles de TC pour les MEAC, qui ont été publiées en 2012, recommandent – mais n'imposent pas – un dépistage renforcé à l'aide de données de laboratoire, tel que le dépistage des lipides sanguins. Étant donné que la politique n'exige pas de dépistage à l'aide de données de laboratoire, les MEAC ne sont pas tenus d'utiliser ce type de dépistage pour les examens de certification périodiques, même dans le cas des demandeurs âgés de plus de 40 ans.

Les examens cardiologiques effectués par le même cardiologue tant pour l'événement à l'étude que pour l'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142 du BST indiquent que les lignes directrices de 2012 de la Direction de la médecine aéronautique civile de TC sur les maladies cardiovasculaires n'ont pas été mises à jour pour intégrer les avancées considérables de l'approche recommandée pour le dépistage de l'athérosclérose coronarienne. L'examen cardiologique réalisé dans le cadre de l'événement à l'étude a également indiqué que les options de dépistage pourraient inclure les lipides sanguins et, potentiellement, des tests de laboratoire améliorés pour la lipoprotéine Lp(a), ainsi que l'imagerie cardiaque par tomographie par ordinateur (CT), lorsque cela est possible.

Dans l'événement à l'étude, le cardiologue a conclu que si de telles méthodes de dépistage avaient été utilisées, les facteurs de risque ayant contribué à la crise cardiaque du pilote auraient possiblement été repérés.

²⁶ G. J. Pearson, G. Thanassoulis, T.J. Anderson et coll., « 2021 Canadian Cardiovascular Society Guidelines for the Management of Dyslipidemia and the Prevention of Cardiovascular Disease in Adults », *Canadian Journal of Cardiology*, vol. 37, n° 8 (août 2021), à l'adresse [onlinecjc.ca/article/S0828-282X\(21\)00165-3/fulltext](https://onlinecjc.ca/article/S0828-282X(21)00165-3/fulltext) (dernière consultation le 25 janvier 2023).

1.13.2.5 Calcul du profil de risque d'un demandeur

Selon le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, un risque estimé, calculé à l'aide de l'un des estimateurs de risque recommandés (p. ex., l'outil de score de risque de Framingham), de 2 % par an²⁷ pour un événement cardiovasculaire incapacitant soudain devrait être le seuil pour prévoir un dépistage renforcé avant la délivrance du certificat médical :

Le risque cumulatif conféré par la présence de plus d'un facteur de risque, même à des niveaux modérément plus élevés que la normale, peut dépasser celui conféré par la présence d'un seul facteur de risque majeur. [...] Si des anomalies sont détectées, résultant en un risque de mortalité annuel moyen de 1 % ou plus, présumant un risque additionnel de 1 % pour un événement incapacitant nonfatal [*sic*], dans ce cas le détenteur de licence est considéré médicalement inapte pour une licence sans restriction²⁸.

Le Guide indique également que

[l]'inquiétude concernant ces facteurs de risques [modifiables majeurs] est plus élevée chez les candidats avec une cardiopathie ischémique connue là où le risque absolu est élevé²⁹.

Les enquêteurs ont examiné les renseignements que TC fournit aux MEAC pour les examens médicaux et ont déterminé que les directives n'imposent pas l'utilisation de l'outil de score de risque de Framingham, et que l'outil n'est aucunement associé à l'utilisation du rapport d'examen médical de TC. De plus, rien dans le rapport d'examen médical n'incite expressément le MEAC à utiliser l'outil de score de risque de Framingham ou à regrouper les principaux facteurs de risque pour déterminer le profil de risque global du demandeur.

Aucun profil de risque cardiovasculaire n'a été établi dans le cadre des examens médicaux du pilote. Cependant, en utilisant les données des examens médicaux du MEAC, les lipides sanguins indiqués dans les dossiers du médecin de famille et diverses méthodes de profilage du risque, y compris l'outil de score de risque de Framingham, l'examen cardiologique indépendant a permis de confirmer que le risque annuel calculé d'événement cardiovasculaire du pilote était d'environ 1 % par an. Ce taux représente un risque considéré comme faible à moyen compte tenu de l'âge du pilote, et acceptable pour les activités de pilote professionnel. Même si le MEAC avait effectué un profilage du risque, ces

²⁷ Un risque estimé de 2 % par an signifie que, en moyenne, sur 100 personnes présentant des caractéristiques semblables, 2 subiraient probablement un événement cardiovasculaire incapacitant soudain sur une période d'un an.

²⁸ Transports Canada, TP 13312, *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile*, Cardiologie – Lignes directrices pour l'évaluation de l'état de santé des pilotes, mécaniciens navigants et contrôleurs aériens souffrant de troubles cardiovasculaires au Canada – 2012, à l'adresse tc.canada.ca/fr/aviation/publications/guide-medecins-examineurs-aviation-civile-tp-13312#cardiologie (dernière consultation le 23 janvier 2023).

²⁹ Ibid.

résultats n'auraient pas déclenché un dépistage secondaire visant à détecter toute maladie coronarienne sous-jacente.

1.13.3 Surveillance des facteurs cardiovasculaires

La surveillance et la gestion des facteurs de risque médicaux liés aux problèmes cardiovasculaires et d'hypertension chez les pilotes ont été abordées dans des rapports antérieurs du BST. En octobre 2022, il y avait 32 900 pilotes au Canada ayant un certificat médical de catégorie 1. Parmi eux, 16 607 (environ 50 %) étaient âgés de plus de 40 ans. Depuis 2000, il y a eu 8 accidents, y compris celui-ci, où des pilotes professionnels présentaient une maladie cardiovasculaire qui a été reconnue comme un fait établi quant aux risques³⁰ ou un fait établi quant aux causes³¹.

1.13.4 Problèmes de santé à déclaration obligatoire

Aux termes de la *Loi sur l'aéronautique* :

[L]e médecin [...] qui a des motifs raisonnables de croire que son patient est titulaire d'un document d'aviation canadien assorti de normes médicales [...] doit, s'il estime que l'état de l'intéressé est susceptible de constituer un risque pour la sécurité aérienne, faire part sans délai de son avis motivé au conseiller médical désigné par le ministre³².

Dans le cadre de la délivrance des licences provinciales, les médecins sont informés de leurs responsabilités provinciales et fédérales en matière de déclaration obligatoire. Les médecins peuvent accéder à cette information par l'entremise du document en ligne de l'Association médicale canadienne intitulé *Évaluation médicale de l'aptitude à conduire : Guide du médecin*³³, qui contient une section sur l'aviation. On trouve dans cette section des détails sur les exigences de déclaration de la *Loi sur l'aéronautique*, de même que cette mise en garde :

La loi oblige les médecins à déclarer aux agents régionaux en médecine aéronautique de Transports Canada tout pilote, contrôleur aérien ou mécanicien navigant qui a un problème de santé susceptible d'affecter la sécurité aérienne. Cette section énumère les problèmes courants pour lesquels la déclaration est obligatoire³⁴.

Il faut noter que l'exigence de la *Loi sur l'aéronautique* de déclarer les problèmes qui posent un danger pour la sécurité aérienne s'applique expressément aux médecins et aux

³⁰ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142, A14O0077, A07P0357, A07O0165, A03P0265, A02Q0054 et A01P0100 du BST.

³¹ Rapport d'enquête aéronautique A10A0041 du BST.

³² Gouvernement du Canada, *Loi sur l'aéronautique* (L.R.C., 1985, ch. A-2), paragraphe 6.5(1).

³³ Joule Inc., *Évaluation médicale de l'aptitude à conduire : Guide du médecin*, 9^e édition (2017).

³⁴ Ibid., p. 137.

optométristes; elle ne s'applique pas aux psychologues, aux travailleurs sociaux ou aux conseillers.

Le Guide indique aussi ce qui suit :

Lorsqu'on leur dit [à des pilotes] que leur état (ou le traitement prescrit) pourrait les empêcher de faire leur travail en toute sécurité, il leur incombe de « s'interdire de vol » eux-mêmes temporairement.

Un médecin qui diagnostique un état susceptible d'affecter la sécurité aérienne doit le signaler aux conseillers médicaux de Transports Canada³⁵.

La section sur l'aviation fournit une orientation sur les affections médicales, un lien vers le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* ainsi qu'une orientation sur les médicaments d'ordonnance. Plus précisément, le Guide indique ce qui suit :

Les médicaments qui ont des effets secondaires comme l'hypotension posturale ou l'arythmie, ou des effets sur le système nerveux central, sont inacceptables³⁶.

Il indique par ailleurs ceci :

Médicaments d'ordonnance : Il faut discuter en détail des effets secondaires de toute médication prescrite ou recommandée à un pilote. Les effets mineurs sur l'accommodation visuelle, la coordination, le tractus gastro-intestinal ou la tolérance de l'accélération (augmentation de la pesanteur) peuvent être plus graves en vol. En cas de doute, le médecin doit discuter de la médication avec l'ARMA [agent régional en médecine aéronautique]³⁷.

Les médecins sont informés que, s'ils soupçonnent qu'une affection pourrait nuire à la sécurité aérienne, ils doivent en aviser le pilote et communiquer avec l'ARMA d'un bureau régional de la Médecine aéronautique civile. La section fournit les coordonnées de l'administration centrale et des bureaux régionaux de la Direction de la médecine aéronautique civile. Une fois qu'un médecin a communiqué avec l'ARMA, il peut soit discuter de manière informelle d'une affection médicale ou d'un médicament, soit remplir officiellement un formulaire de déclaration de l'état de santé de la Médecine aéronautique civile.

Il n'a pas été possible de déterminer à quelle fréquence les médecins de famille sont avisés de leurs responsabilités provinciales et fédérales en matière de déclaration, ni à quelle fréquence ils consultent ou lisent le guide de l'Association médicale canadienne, *Évaluation médicale de l'aptitude à conduire : Guide du médecin*.

Le *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* et la norme 424 du RAC exigent également que le demandeur d'un certificat médical fournisse des renseignements complets et exacts sur sa santé. Bien que ces exigences visent la divulgation des renseignements

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid., p. 141.

³⁷ Ibid., p. 146.

pendant l'examen médical, en signant la déclaration, les demandeurs s'engagent également à divulguer ces renseignements pendant toute la période de validité du certificat médical.

Les notes du médecin de famille du pilote dans l'événement à l'étude ne contenaient aucun renseignement médical indiquant des facteurs de risque cardiovasculaires recensés ni aucune discussion sur des sujets cardiovasculaires.

Cependant, de septembre 2019 à juillet 2021, le pilote avait consulté son médecin de famille à 5 reprises pour une affection médicale aiguë sans lien avec la santé cardiovasculaire. En mai 2021, le pilote s'est vu prescrire 3 médicaments pour traiter cette affection, mais il semblerait qu'il n'en ait pris aucun. Il n'était pas prévu que le pilote travaille en mai. Un de ces médicaments, comme l'a confirmé l'examen cardiologique réalisé dans le cadre de l'événement à l'étude, a d'importants effets secondaires sur le système nerveux central, notamment de la somnolence et des étourdissements, et il ne doit pas être pris dans les jours précédant un vol ou l'exécution de tâches critiques pour la sécurité. En cas de surdosage, il peut provoquer des arythmies cardiaques (irrégularités du rythme cardiaque).

Un autre de ces médicaments peut prédisposer une personne à des événements de thromboses cardiovasculaires (caillots), mais n'augmente pas directement le risque d'événement coronarien (crise cardiaque). Ce médicament n'est généralement utilisé que pour le soulagement temporaire de symptômes importants. L'examen cardiologique a permis de confirmer que les pilotes présentant des symptômes nécessitant ce médicament devraient rester au sol, car ces symptômes seraient incompatibles avec l'utilisation sécuritaire d'un aéronef.

Un de ces médicaments comportait également, sur son étiquette, un avertissement indiquant de ne pas le prendre si le patient est atteint d'insuffisance cardiaque congestive, d'hypertension artérielle et de problèmes cardiaques.

Il convient de noter que, même si ces médicaments ont été prescrits dans les mois précédant l'événement, ils ne figuraient pas dans les résultats toxicologiques de l'autopsie.

Le médecin de famille du pilote dans l'événement à l'étude connaissait la profession de son patient; une note au dossier indiquait que le patient était pilote de ligne. Toutefois, l'enquête a permis de déterminer que le médecin n'était pas conscient de ses responsabilités de déclaration liées à l'aviation.

Rien n'indique, ni dans les dossiers médicaux de TC ni dans ceux du médecin de famille, que le médecin de famille ou le pilote aurait avisé TC de l'affection aiguë ou des médicaments prescrits.

En 2011, à la suite de l'enquête du BST sur une perte de maîtrise et une collision avec le relief survenues à Miramichi (Nouveau-Brunswick) le 23 avril 2010³⁸, le Bureau a émis la préoccupation liée à la sécurité qui suit :

³⁸ Rapport d'enquête aéronautique A10A0041 du BST.

Le Bureau constate avec inquiétude que les médecins praticiens ne connaissent pas toujours la nécessité ou l'importance de communiquer certains états de santé devant être déclarés et, qui plus est, qu'il existe des lacunes dans les lignes directrices servant à contrôler les risques de maladie cardiovasculaire. Par conséquent, le risque demeure que les facteurs de risque de maladie cardiovasculaire parmi les membres du personnel de l'aviation passent inaperçus.

1.14 Incendie

Il n'y a eu aucun incendie après l'impact.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Radiobalise de repérage d'urgence

À la suite d'une recommandation du BST³⁹ émise en 2016, le RAC a été modifié pour exiger l'installation d'ELT de 406 MHz, en remplacement de l'ancienne norme de 121,5 MHz. La date d'entrée en vigueur de la nouvelle disposition réglementaire est le 25 novembre 2025.

Bien qu'une mise à niveau ne soit pas encore requise en vertu du RAC, le propriétaire de l'aéronef à l'étude avait remplacé l'ELT de 121,5 MHz par une ELT de 406 MHz en août 2021. Cette dernière a aidé les premiers intervenants à localiser rapidement le lieu de l'accident et à fournir des services médicaux d'urgence.

Les ELT de 406 MHz ne sont pas toutes fabriquées de la même façon. Certaines ELT, comme celle installée dans l'aéronef à l'étude, ne peuvent envoyer qu'un signal radio, sans données sur l'emplacement, au satellite. D'autres permettent de saisir dans l'ELT des renseignements provenant d'un dispositif GPS installé dans l'aéronef. D'autres encore sont munies d'un dispositif GPS interne et ne nécessitent aucune saisie de données externes pour fournir des renseignements détaillés sur l'emplacement lorsque l'ELT est activée.

Non seulement les ELT qui émettent sur la fréquence 121,5 MHz ont-elles une zone de recherche prévue de 1260 km², mais leur fréquence n'est par ailleurs plus surveillée par Cospas-Sarsat. Les ELT qui émettent sur la fréquence 406 MHz sans données sur l'emplacement ont une zone de recherche prévue de 13 km². Les ELT qui émettent sur la fréquence 406 MHz et qui ont un dispositif GPS intégré ou qui reçoivent des données d'un dispositif GPS externe peuvent donner un emplacement précis du lieu de l'écrasement⁴⁰.

³⁹ Recommandation A16-01 du BST : Exigence relative aux radiobalises de repérage d'urgence de 406 mégahertz (émise le 15 juin 2016), à l'adresse tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommandations/aviation/2016/rec-a1601.html (dernière consultation le 15 février 2023).

⁴⁰ Recherche et développement pour la défense Canada, *Emergency Locator Transmitter (ELT) Performance in Canada from 2003 to 2008 : Statistics and Human Factors Issues* (septembre 2009), section 2.2.4.

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP142/2021 – NVM Data Recovery – AvMap [récupération de données de la mémoire non volatile – AvMap]
- LP153/2021 – Instruments Analysis [analyse des instruments]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

Sans objet.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Décrochage aérodynamique et mise en vrille

Un décrochage est une perte de portance et une augmentation de traînée qui se produit lorsqu'un aéronef vole à un angle d'attaque supérieur à l'angle qui assure la portance maximale. Quelle que soit la vitesse anémométrique, un aéronef décroche toujours lorsque les ailes atteignent cet angle d'attaque critique⁴¹. La vitesse de décrochage, quant à elle, varie entre autres selon le poids de l'aéronef, le réglage de la puissance, la position des volets et l'angle d'inclinaison.

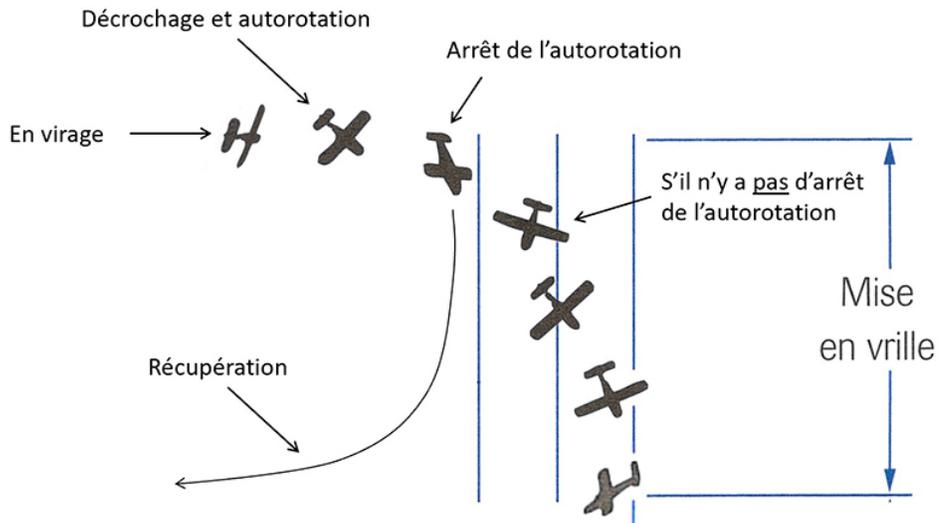
La mise en vrille se produit lorsqu'un aéronef décroche et qu'une aile produit plus de portance que l'autre. L'aile descendante, ayant un angle d'attaque plus grand, décroche encore plus et produit plus de traînée, ce qui provoque une autorotation. Pendant cette phase de mise en vrille, la trajectoire de vol passe de l'horizontale à la verticale⁴².

Généralement, même si le pilote prend les mesures nécessaires pour arrêter l'autorotation dès qu'elle commence, l'aéronef se retrouve en position verticale et prend de la vitesse rapidement, et une altitude suffisante est nécessaire pour qu'il puisse reprendre une trajectoire de vol horizontale. Si l'autorotation se poursuit, l'aéronef pourrait se stabiliser en vrille et suivre une trajectoire hélicoïdale vers le bas (figure 4).

⁴¹ Transports Canada, TP 1102, *Manuel de pilotage*, 4^e édition (révisé en 2004), p. 93.

⁴² Ibid., p. 99.

Figure 4. Illustration d'une mise en vrille (Source : BST, d'après Transports Canada, TP 1102, Manuel de pilotage, 4^e édition [révisé en 2004], figure 2-31)



2.0 ANALYSE

L'enquête n'a relevé aucun problème lié à la cellule et au moteur qui aurait pu contribuer au décrochage aérodynamique et à la vrille qui a suivi. L'analyse portera sur les scénarios possibles pour un décrochage aérodynamique et une vrille. Ensuite, l'analyse examinera l'approche adoptée par Transports Canada (TC) pour gérer la santé cardiovasculaire et l'hypertension chez les pilotes. Enfin, l'analyse abordera l'intervention d'urgence à la suite de l'événement.

2.1 Perte de maîtrise et vrille

Le lieu de l'accident concorde avec un aéronef qui était en vrille au moment de l'impact. L'absence de traînée de débris indique que l'aéronef avait une faible vitesse longitudinale et se trouvait dans une assiette presque horizontale au moment de l'impact.

Les enquêteurs ne disposaient pas de données permettant d'établir une trajectoire de vol détaillée, car l'aéronef n'était pas muni de dispositifs capables d'enregistrer les données de vol. Cependant, des relevés toutes les 10 minutes provenant d'un appareil de suivi satellite SPOT étaient disponibles et donnaient des renseignements de suivi de base tels que l'heure, la vitesse moyenne et l'altitude. Sans renseignements détaillés sur la trajectoire de vol, les enquêteurs n'ont pas été en mesure de déterminer les circonstances précises de la collision de l'aéronef avec le relief.

L'enquête a permis de déterminer que l'aéronef respectait les limites de masse autorisées; toutefois, il n'y avait pas suffisamment de documentation pour déterminer le centrage de l'aéronef. Il est probable que l'aéronef respectait les limites de centrage, étant donné qu'il comporte 2 sièges, qu'il y avait peu de bagages à bord et que le bras de levier du carburant se trouve sur un bras de levier similaire à celui des sièges. La masse et le centrage n'ont probablement pas provoqué le décrochage et la vrille de l'aéronef, ni n'auraient empêché une sortie de vrille.

Il n'a pas été possible de déterminer si le déclenchement du décrochage était intentionnel ou involontaire. Le pilote avait déjà effectué des manœuvres de décrochage et de vrille en solo à de nombreuses reprises, et il aurait probablement reconnu les signes d'un décrochage involontaire imminent. L'aéronef était muni de commandes de vol doubles; toutefois, l'enquête n'a pas permis de déterminer si le passager avait tenté de piloter l'aéronef à un moment quelconque du vol.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Pour des raisons indéterminées, l'aéronef est entré en décrochage aérodynamique et en vrille, et il a continué à vriller jusqu'à sa collision avec le sol.

2.2 Santé cardiovasculaire

Les résultats de l'autopsie ont indiqué qu'une maladie cardiovasculaire avec rétrécissement des artères coronaires avait été un important facteur contributif dans la mort du pilote. L'autopsie a également révélé que le pilote avait subi une crise cardiaque, même si le moment où elle s'est produite n'a pas été précisé. Le cardiologue indépendant a confirmé que l'importante maladie coronarienne et les signes d'une crise cardiaque rendent très plausible, même s'il est peu probable, le scénario d'une incapacité médicale aiguë en vol – par exemple, en raison d'une arythmie cardiaque. Toutefois, il est impossible de savoir si la crise cardiaque aurait été la cause ou le résultat de l'événement à l'étude.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Une maladie cardiovasculaire a été un facteur contributif dans la mort du pilote; toutefois, il n'a pas été possible de déterminer si cette maladie avait entraîné une incapacité en vol ou sa mort avant ou après la collision avec le relief.

Les dossiers médicaux de l'aviation civile et du médecin de famille du pilote ont été examinés dans le cadre de l'enquête et par un cardiologue indépendant afin de déterminer le risque que ce pilote aurait subi un événement incapacitant. On n'a noté aucun facteur de risque évident qui aurait pu accroître le risque de maladie cardiovasculaire ou d'événement incapacitant connexe chez le pilote. Par conséquent, ni le médecin examinateur de l'aviation civile (MEAC) ni le médecin de famille n'avaient de raison de procéder à un dépistage cardiaque plus poussé.

Cependant, il a été noté par les enquêteurs et confirmé par le cardiologue indépendant qu'étant donné que 10 à 20 % des personnes ayant fait une crise cardiaque ne présentent aucun des facteurs de risque traditionnels, notamment des lipides sanguins anormaux, les cardiologues estiment que d'autres mécanismes peuvent être nécessaires pour dépister l'athérosclérose coronarienne, tels qu'un dépistage sanguin plus poussé et des analyses du cœur par tomographie par ordinateur (CT), lorsque cela est possible. Deux examens cardiologiques – l'un réalisé pour la présente enquête et l'autre pour une autre enquête du BST – ont indiqué que les lignes directrices de 2012 de la Direction de la médecine aéronautique civile de TC sur les maladies cardiovasculaires n'ont pas été mises à jour pour intégrer les avancées considérables de l'approche recommandée pour le dépistage de l'athérosclérose coronarienne. Le cardiologue a conclu que, dans l'événement à l'étude, si de telles méthodes de dépistage avaient été utilisées, les facteurs de risque ayant contribué à la crise cardiaque du pilote auraient possiblement été repérés.

Fait établi quant aux risques

Si les documents d'orientation et le rapport d'examen médical de l'aviation civile de TC ne comprennent pas de méthodes de dépistage cardiovasculaire à jour permettant de procéder à une évaluation cardiovasculaire globale, au besoin, il existe un risque accru que des maladies cardiovasculaires ne soient pas détectées et que les pilotes soient frappés d'incapacité pendant qu'ils sont aux commandes d'un aéronef.

L'enquête a révélé que le pilote s'était vu prescrire des médicaments qui auraient pu avoir une incidence sur sa santé cardiovasculaire, et donc sur la sécurité aérienne; cependant, il semblerait que le pilote n'ait pris aucun de ces médicaments. Le médecin de famille du pilote n'était pas conscient de l'exigence de communiquer de tels renseignements à TC même si les médicaments n'étaient pas pris.

Faits établis quant aux risques

Si les MEAC ne sont pas informés par les médecins et les pilotes d'affections médicales et/ou de médicaments qui pourraient nuire à l'utilisation sécuritaire d'un aéronef, il y a un risque accru que les pilotes soient certifiés sans que les mesures de sécurité appropriées soient en place.

Si les médecins ne sont pas régulièrement avisés et tenus à jour de leurs responsabilités fédérales de déclarer les affections médicales et/ou les médicaments qui pourraient nuire à la sécurité aérienne, TC pourrait ne pas disposer des renseignements nécessaires pour déterminer avec précision l'aptitude au vol d'un pilote.

2.3 Intervention d'urgence

L'aéronef à l'étude était muni d'une radiobalise de repérage d'urgence (ELT) capable d'émettre sur la fréquence de 406 MHz. L'ELT s'est activée à la suite de l'impact et le signal a été reçu par le Centre canadien de contrôle des missions. Dans les 2 minutes qui ont suivi, le Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario) a communiqué avec les premiers intervenants pour lancer les recherches.

De plus, un appareil de suivi satellite SPOT se trouvait à bord de l'aéronef. Cet appareil a également aidé le personnel de recherche et sauvetage à localiser rapidement l'aéronef.

Fait établi : Autre

L'aéronef était muni d'une ELT de 406 MHz et d'un appareil de suivi satellite SPOT, ce qui a contribué à l'intervention rapide des premiers intervenants. Le passager a ainsi rapidement reçu les premiers soins, ce qui a contribué à sa survie.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Pour des raisons indéterminées, l'aéronef est entré en décrochage aérodynamique et en vrille, et il a continué à vriller jusqu'à sa collision avec le sol.
2. Une maladie cardiovasculaire a été un facteur contributif dans la mort du pilote; toutefois, il n'a pas été possible de déterminer si elle a entraîné une incapacité en vol ou sa mort avant ou après la collision avec le relief.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si les documents d'orientation et le rapport d'examen médical de l'aviation civile de Transports Canada ne comprennent pas de méthodes de dépistage cardiovasculaire à jour permettant de procéder à une évaluation cardiovasculaire globale, s'il y a lieu, il existe un risque accru que des maladies cardiovasculaires ne soient pas détectées et que les pilotes soient frappés d'incapacité pendant qu'ils sont aux commandes d'un aéronef.
2. Si les médecins examinateurs de l'aviation civile ne sont pas informés par les médecins et les pilotes d'affections médicales et/ou de médicaments qui pourraient nuire à l'utilisation sécuritaire d'un aéronef, il y a un risque accru que les pilotes soient certifiés sans que les mesures de sécurité appropriées soient en place.
3. Si les médecins ne sont pas régulièrement avisés et tenus à jour de leurs responsabilités fédérales de déclarer les affections médicales et/ou les médicaments qui pourraient nuire à la sécurité aérienne, Transports Canada pourrait ne pas disposer des renseignements nécessaires pour déterminer avec précision l'aptitude au vol d'un pilote.

3.3 Autres faits établis

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. L'aéronef était muni d'une radiobalise de repérage d'urgence de 406 MHz et d'un appareil de suivi satellite SPOT, ce qui a contribué à l'intervention rapide des premiers intervenants. Le passager a ainsi rapidement reçu les premiers soins, ce qui a contribué à sa survie.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Bureau de la sécurité des transports du Canada

Le 11 janvier 2023, le Bureau de la sécurité des transports du Canada a émis l'Avis de sécurité du transport aérien A21W0089-D2-A1 à Transports Canada (TC). L'avis indique à TC que les médecins ne sont pas tous conscients de l'exigence de déclarer les affections médicales de leurs patients titulaires d'une licence de pilote. Il encourage aussi TC à collaborer avec l'Association médicale canadienne pour élaborer des stratégies de communication afin de mieux faire connaître les exigences de déclaration imposées aux médecins en vertu de la *Loi sur l'aéronautique*.

Le 19 janvier 2023, TC a répondu à l'Avis de sécurité du transport aérien A21W0089-D2-A1 du BST. Dans sa réponse, TC a indiqué que la Direction de la médecine aéronautique civile de TC s'était coordonnée avec l'Association médicale canadienne afin de mieux faire connaître les exigences de déclaration imposées aux médecins.

4.2 Mesures de sécurité à prendre

4.2.1 Outils de dépistage pour les examens médicaux des pilotes

Le 9 octobre 2021, l'aéronef Cavalier SA102.5 de construction amateur sous immatriculation privée (immatriculation C-FBWF, numéro de série 6958) effectuait un vol récréatif local à partir de l'aérodrome de Lacombe (Alberta) avec 1 pilote et 1 passager à bord. Alors que l'aéronef se trouvait à 14 milles marins à l'est de l'aérodrome, il est entré en décrochage aérodynamique, ce qui a entraîné une vrille à gauche et une collision avec le relief. Le pilote, qui occupait le siège de gauche, a été mortellement blessé; le passager a été grièvement blessé. L'aéronef a été lourdement endommagé; aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

Le Bureau du médecin légiste en chef de l'Alberta a rapporté que la mort était attribuable à un traumatisme contondant, et qu'une maladie cardiovasculaire était un important facteur contributif. Le rapport a également noté que le pilote présentait des signes de crise cardiaque, bien qu'il n'ait pas été possible de déterminer le moment exact où celle-ci s'est produite.

Le certificat médical de catégorie 1 du pilote, qui était valide jusqu'au 1^{er} février 2022, n'indiquait aucune limitation.

Le pilote dans l'événement à l'étude, qui était âgé de plus de 40 ans, se présentait régulièrement tous les 12 mois pour passer un examen médical de TC tel qu'exigé pour sa licence de pilote de ligne. Pour chaque visite, un rapport d'examen médical était rempli comme il se doit. Toutefois, pour son certificat médical le plus récent, délivré en 2021, le pilote n'avait pas subi d'examen médical. Il avait plutôt rempli et signé une attestation selon

laquelle il n'y avait aucune limitation ou restriction ou autre condition qui pourrait nuire à sa capacité d'exercer les privilèges de la licence. Cette attestation était autorisée conformément à une exemption accordée par TC⁴³ en raison de la pandémie mondiale de COVID-19.

Aucun profil de risque cardiovasculaire n'a été établi dans le cadre des examens médicaux du pilote. Cependant, en utilisant les données des examens médicaux du médecin examinateur de l'aviation civile (MEAC), les lipides sanguins indiqués dans les dossiers du médecin de famille et diverses méthodes de profilage du risque, y compris l'outil de score de risque de Framingham, un examen cardiologique indépendant réalisé dans le cadre de la présente enquête a permis de confirmer que le risque annuel calculé d'événement cardiovasculaire du pilote était d'environ 1 % par an. Ce taux représente un risque considéré comme faible à moyen compte tenu de l'âge du pilote, et acceptable pour les activités de pilote professionnel. Même si le MEAC avait effectué un profilage du risque, ces résultats n'auraient pas déclenché un dépistage secondaire visant à détecter toute maladie coronarienne sous-jacente.

Selon l'examen cardiologique indépendant, même si les lipides sanguins sont des indicateurs de la plupart des maladies cardiovasculaires, quelque 10 à 20 % des personnes ayant fait une crise cardiaque ne présentent pas ces facteurs de risque traditionnels. Par conséquent, les cardiologues estiment que d'autres mécanismes peuvent être nécessaires pour dépister l'athérosclérose coronarienne. Par exemple, la présence d'un niveau élevé de la lipoprotéine Lp(a) a été reconnue comme un important facteur de risque héréditaire supplémentaire chez certaines personnes. La mesure de la lipoprotéine Lp(a) a été intégrée au dépistage périodique recommandé du risque cardiovasculaire⁴⁴.

Un examen cardiologique indépendant réalisé dans le cadre d'une autre enquête du BST⁴⁵ a souligné que, d'après le consensus d'un consortium multinational de cardiologues de l'aviation publié en 2019⁴⁶, un dépistage des risques cardiovasculaires devrait être exigé pour tous les pilotes âgés de plus de 40 ans et pour les pilotes dont il est déterminé qu'ils présentent un risque accru (d'après un calcul du risque). Ce dépistage devrait toujours comprendre une évaluation des lipides sanguins et, dans certains cas, d'autres méthodes pourraient être nécessaires compte tenu des 10 à 20 % des personnes ayant fait une crise cardiaque qui ne présentent pas les facteurs de risque traditionnels.

⁴³ Transports Canada, Exemption NCR-062-2020 : Exemption des alinéas 404.03(2)a) et b) et 404.04(1)b) du *Règlement de l'aviation canadien* (3 juin 2020).

⁴⁴ G. J. Pearson, G. Thanassoulis, T.J. Anderson et coll., « 2021 Canadian Cardiovascular Society Guidelines for the Management of Dyslipidemia and the Prevention of Cardiovascular Disease in Adults », *Canadian Journal of Cardiology*, vol. 37, n° 8 (août 2021), à l'adresse [onlinecjc.ca/article/S0828-282X\(21\)00165-3/fulltext](https://onlinecjc.ca/article/S0828-282X(21)00165-3/fulltext) (dernière consultation le 25 janvier 2023).

⁴⁵ Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142 du BST.

⁴⁶ British Cardiovascular Society, *Heart*, vol. 105, supplément 1 : Aviation Cardiology (janvier 2019).

Les lignes directrices actuelles de TC pour les MEAC, qui ont été publiées en 2012, recommandent – mais n'imposent pas – un dépistage renforcé à l'aide de données de laboratoire, tel que le dépistage des lipides sanguins. Étant donné que la politique n'exige pas de dépistage à l'aide de données de laboratoire, les MEAC ne sont pas tenus d'utiliser ce type de dépistage pour les examens de certification périodiques, même dans le cas des demandeurs âgés de plus de 40 ans.

Les examens cardiologiques effectués tant pour l'événement à l'étude que pour l'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142 du BST indiquent que les lignes directrices de 2012 de la Direction de la médecine aéronautique civile de TC sur les maladies cardiovasculaires n'ont pas été mises à jour pour intégrer les avancées considérables de l'approche recommandée pour le dépistage de l'athérosclérose coronarienne. L'examen cardiologique réalisé dans le cadre de l'événement à l'étude a également indiqué que les options pour le dépistage pourraient inclure les lipides sanguins et, potentiellement, des tests de laboratoire améliorés pour la lipoprotéine Lp(a), ainsi que l'imagerie cardiaque par tomographie par ordinateur (CT), lorsque cela est possible.

Dans l'événement à l'étude, le cardiologue a conclu que si de telles méthodes de dépistage avaient été utilisées, les facteurs de risque ayant contribué à la crise cardiaque du pilote auraient possiblement été repérés.

En 2011, à la suite de l'enquête du BST sur une perte de maîtrise et une collision avec le relief survenues à Miramichi (Nouveau-Brunswick) le 23 avril 2010⁴⁷, le Bureau a émis la préoccupation liée à la sécurité qui suit :

Le Bureau constate avec inquiétude que les médecins praticiens ne connaissent pas toujours la nécessité ou l'importance de communiquer certains états de santé devant être déclarés et, qui plus est, qu'il existe des lacunes dans les lignes directrices servant à contrôler les risques de maladie cardiovasculaire. Par conséquent, le risque demeure que les facteurs de risque de maladie cardiovasculaire parmi les membres du personnel de l'aviation passent inaperçus.

En 2012, les lignes directrices de la Direction de la médecine aéronautique civile de TC sur les maladies cardiovasculaires ont été mises à jour.

En octobre 2022, il y avait 32 900 pilotes au Canada ayant un certificat médical de catégorie 1. Parmi eux, 16 607 (environ 50 %) étaient âgés de plus de 40 ans. Depuis 2000, il y a eu 8 accidents, y compris celui-ci, où des pilotes professionnels présentaient une maladie cardiovasculaire qui a été reconnue comme un fait établi quant aux risques⁴⁸ ou un fait établi quant aux causes⁴⁹.

⁴⁷ Rapport d'enquête aéronautique A10A0041 du BST.

⁴⁸ Rapports d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19P0142, A14O0077, A07P0357, A07O0165, A03P0265, A02Q0054 et A01P0100 du BST.

⁴⁹ Rapport d'enquête aéronautique A10A0041 du BST.

Si les documents d'orientation et le rapport d'examen médical de l'aviation civile de TC ne comprennent pas de méthodes de dépistage cardiovasculaire à jour permettant de procéder à une évaluation cardiovasculaire globale, s'il y a lieu, il existe un risque accru que des maladies cardiovasculaires ne soient pas détectées et que les pilotes soient frappés d'incapacité pendant qu'ils sont aux commandes d'un aéronef. Par conséquent, le Bureau recommande que

le ministère des Transports établisse un cadre prévoyant l'examen régulier et l'amélioration du *Guide pour les médecins examinateurs de l'aviation civile* de sorte qu'il contienne les outils de dépistage les plus efficaces pour évaluer les affections médicales comme les problèmes de santé cardiovasculaire.

Recommandation A23-01 du BST

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 22 février 2023. Le rapport a été officiellement publié le 14 mars 2023.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.